

**MULTILAYERED MAGNETORESISTIVE FILM AND MAGNETIC HEAD**

Patent Number: JP9161243  
Publication date: 1997-06-20  
Inventor(s): NAKATANI RYOICHI; HOSHIYA HIROYUKI  
Applicant(s): HITACHI LTD  
Requested Patent: ☐ JP9161243  
Application Number: JP19950319982 19951208  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G11B5/39 ; H01F10/08 ; H01L43/08  
EC Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a multilayered film showing a high change rate of the magnetoresistance effect by using a material having the face centered cubic structure and high electric resistance as a crystal system controlling layer.

**SOLUTION:** A Si (100) single crystal is used as a substrate 11. Hf is used for a crystallinity controlling layer 12 and a Cu(50at.%) - Ni alloy layer is used for a crystal system controlling layer 13. A Fe(40at.%) - Mn alloy is used for an antiferromagnetic layer 14. A Ni(16at.%) - Fe(18at.%) - Co alloy is used for a magnetic layer 15 and a magnetic layer 19. The Co is used for a magnetic layer 16 and a magnetic layer 18. Cu is used for a nonmagnetic layer 17. In the obtd. multilayered film, the crystal system controlling layer 13 has high electric resistivity and an electric current hardly passes through the layer 13 so that a high change rate in the magnetoresistance effect can be obtd.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

**特開平9-161243**

(43) 公開日 平成9年(1997)6月20日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 5/39			G 1 1 B 5/39	
H 0 1 F 10/08			H 0 1 F 10/08	
H 0 1 L 43/08			H 0 1 L 43/08	Z

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-319982

(22) 出願日 平成7年(1995)12月8日

(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 中谷 亮一  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 星屋 裕之  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

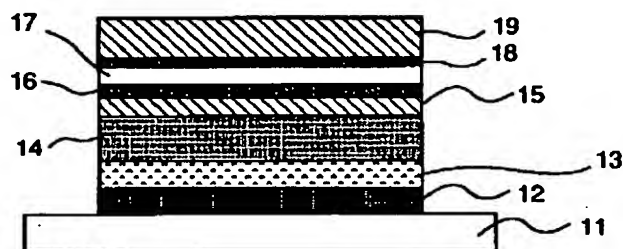
(54) 【発明の名称】 多層磁気抵抗効果膜および磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 多層膜構造の高磁気抵抗変化率を有する磁気抵抗効果膜およびそれを用いた磁気記録装置を提供する。

【解決手段】 結晶系制御層12として、面心立方構造を有し、電気抵抗率の高い材料を用いることにより、結晶系制御層12への電流の分流を少なくし、磁気抵抗変化率を増加させる。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】結晶性制御層、結晶系制御層、Mnを含む反強磁性層、NiおよびFeを含む磁性層、非磁性層、NiおよびFeを含む磁性層の順に形成されている多層膜において、上記結晶系制御層が面心立方格子を有し、上記結晶系制御層の電気抵抗率がNiおよびFeを含む磁性層よりも高く、上記非磁性層を挟む磁性層の磁化のなす相対角度により多層膜の電気抵抗率が変化することを特徴とする多層磁気抵抗効果膜。

【請求項2】結晶性制御層、結晶系制御層、Mnを含む反強磁性層、NiおよびFeを含む磁性層、非磁性層、NiおよびFeを含む磁性層、非磁性層、NiおよびFeを含む磁性層、Mnを含む反強磁性層の順に形成されている多層膜において、上記結晶系制御層が面心立方格子を有し、上記結晶系制御層の電気抵抗率がNiおよびFeを含む磁性層よりも高く、上記二層の非磁性層を挟む磁性層の磁化のなす相対角度により多層膜の電気抵抗率が変化することを特徴とする多層磁気抵抗効果膜。

【請求項3】請求項1または2において、上記結晶性制御層がTi、Zr、Hf、V、Nb、Taから選ばれる金属、あるいは、上記金属相互の合金、あるいは、上記金属を主成分とする合金である多層磁気抵抗効果膜。

【請求項4】請求項1、2または3において、上記結晶系制御層がCu-Ni系合金である多層磁気抵抗効果膜。

【請求項5】請求項4において、上記Cu-Ni系合金におけるNi濃度が30～75at%である多層磁気抵抗効果膜。

【請求項6】請求項4において、上記Cu-Ni系合金におけるNi濃度が46～59at%である多層磁気抵抗効果膜。

【請求項7】請求項1、2、3、4、5または6において、上記NiおよびFeを含む磁性層が、Ni-Fe系合金層、あるいは、Ni-Fe-Co系合金層である多層磁気抵抗効果膜。

【請求項8】請求項1、2、3、4、5または6において、上記NiおよびFeを含む磁性層が、Ni-Fe系合金層、あるいは、Ni-Fe-Co系合金層とCo層、あるいは、Coを主成分とする合金層との積層体であり、Co層、あるいは、Coを主成分とする合金層と上記非磁性層とが接触している多層磁気抵抗効果膜。

【請求項9】請求項1、2、3、4、5、6、7または8において、上記Mnを含む反強磁性層がFe-Mn系合金層、Mn-Ir系合金層、Co-Mn系合金層、Co-Mn-Pt系合金層、Ni-Mn系合金層、Ni-Mn-Cr系合金層、Cr-Mn系合金層、Cr-Mn-Pt系合金層から選ばれる合金層である多層磁気抵抗効果膜。

【請求項10】請求項1、2、3、4、5、6、7、8または9に記載の多層磁気抵抗効果膜を含む磁気抵抗効

果素子。

【請求項11】請求項10に記載の上記磁気抵抗効果素子を含む磁気ヘッド。

【請求項12】請求項11に記載の上記磁気抵抗効果素子と誘導型磁気ヘッドとを組み合わせた複合型磁気ヘッド。

【請求項13】請求項11または請求項12に記載の上記磁気ヘッドを用いた磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は高い磁気抵抗効果を有する多層磁気抵抗効果膜およびこれを用いた磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド、磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気記録の高密度化に伴い、再生用磁気ヘッドに用いる磁気抵抗効果材料として、高い磁気抵抗効果を示す材料が求められている。そこで、フィジカル・レビュー・B(Physical Review B)、第43巻、第1号、1297～1300ページに記載の「軟磁性多層膜における巨大磁気抵抗効果」(Giant Magnetoresistance in Soft Ferromagnetic Multilayers)のように、二層の磁性層を非磁性層で分離し、一方の磁性層に反強磁性層からの交換バイアス磁界を印加する方法が考案された。

【0003】このような多層膜では、通常、シャバニース ジャーナル オブ アプライドフィジクスJpn. J. Appl. Phys., 第33巻、第1A号、133～137ページに記載の「種々のバッファ層材料を用いたFe-Mn/Ni-Fe/Cu/Ni-Feサンドイッチの磁気抵抗および結晶配向性」(Magnetoresistance and Preferred Orientation in Fe-Mn/Ni-Fe/Cu/Ni-Fe Sandwiches with Various Buffer Layer Materials)で述べられているように、結晶性を制御するために、Ti、Zr、Hf、Nb、Taなどの金属からなるバッファ層上に多層膜を形成する。これは、多層膜の面心立方構造を有する磁性層および非磁性層を(111)面配向とし、その上に形成するMn系反強磁性層を面心立方構造とするためである。Mn系反強磁性層は、面心立方構造を有する時のみ室温で反強磁性を示す材料が多い。

【0004】このような多層膜は、通常、基板側から、結晶性制御層、磁性層、非磁性層、磁性層、反強磁性層の順に形成する。しかし、磁気抵抗効果素子の構造によっては、基板側から、結晶性制御層、反強磁性層、磁性層、非磁性層、磁性層の順に形成する必要がある可能性がある。ところが、Ti、Zr、Hf、Nb、Taなどの金属からなる結晶性制御層の上に直接、Mn系反強磁性層を形成しても、Jpn. J. Appl. Phys., 第33巻、第10号、5734～5738ページに記載の「3層のNi-Fe-Co層を有するスピンバルブ多層膜の磁気抵抗効果」(Magnetoresistance Effects in Spin-Valve Multilayers Including Three Ni-Fe-Co Layers)で述べ

10

20

30

40

50

られているように、Mn系反強磁性層は面心立方構造とならず、室温で反強磁性を示さない。このため、上記文献のように、結晶性制御層の上にCuからなる結晶系制御層を形成し、結晶系制御層上にMn系反強磁性層を形成し、Mn系反強磁性層を面心立方構造とする。また、この構造は、三層の磁性層を有するスピバルブにおいても使用される。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述のJpn. J. Appl. Phys., 第33巻, 第10号, 5734~5738ページ記載のように、結晶系制御層にCuを用いると、高い磁気抵抗変化率を得ることができない。これは、Cuの電気抵抗率が $9/10^8 \Omega\text{m}$ 程度と低く、多層膜に流す電流がCu層に分流してしまうためと考えられる。

【0006】本発明の目的は、磁気抵抗効果型ヘッド用の高磁気抵抗効果多層膜における磁気抵抗変化率低下の解決方法を提供することにある。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、種々の材料および膜厚を有する磁性層、非磁性層を積層した多層磁性膜を用いた磁気抵抗効果素子について鋭意研究を重ねた結果、上記結晶系制御層として、高い電気抵抗率を有する材料を用いることにより、結晶系制御層への電流の分流を少なくし、高い磁気抵抗変化率が得られることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0008】但し、Mn系反強磁性層の結晶の形を制御する目的からは、結晶系制御層は面心立方格子を有することが必要になる。また、多層膜の主な部分を構成する磁性層よりも、結晶系制御層の電気抵抗率は高いことが好ましい。このような条件から、結晶系制御層はCu-Ni系合金が好ましい。

【0009】上述のように、結晶系制御層を面心立方格子を有する材料とすることにより、Mn系反強磁性層を、室温で反強磁性を有する構造とすることができる。また、結晶系制御層の電気抵抗率を高くすることにより、結晶系制御層への電流の分流を減らすことができ、多層膜の磁気抵抗変化率を高くすることができる。

【0010】また、本発明による多層磁気抵抗効果膜は、磁気抵抗効果素子、磁界センサ、磁気ヘッドなどに好適である。また、上記磁気ヘッドを用いることにより、高性能磁気記録再生装置を得ることができる。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

(実施例1) 図1は本発明の一実施例の多層膜の断面構造を示す。

【0012】多層膜の作製にはイオンビームスパッタリング法を用いた。到達真空度は、 $3/10^5 \text{Pa}$ 、スパッタリング時のAr圧力は $0.02 \text{Pa}$ である。また、膜形成速度は、 $0.01 \sim 0.02 \text{nm/s}$ である。基板

11にはSi(100)単結晶を用いた。また、結晶性制御層12として、厚さ5nmのHfを用いた。結晶系制御層13としては、厚さ5nmのCu-50at%Ni合金層を用いた。反強磁性層14には、厚さ10nmのFe-40at%Mn合金を用いた。磁性層15および磁性層19には、それぞれ、厚さ3nmおよび9nmのNi-16at%Fe-18at%Co合金を用いた。磁性層16および磁性層18には、それぞれ、厚さ2nmおよび1nmのCoを用いた。また、非磁性層17には、厚さ2.5nmのCuを用いた。

【0013】また、比較例として、結晶系制御層13として、厚さ5nmのCu層を用いた多層膜も形成した。

【0014】上記比較例の多層膜の磁気抵抗変化率は4.8%であった。これに対し、本発明の多層膜の磁気抵抗変化率は5.5%であった。

【0015】本発明で用いた結晶系制御層13、すなわち、Cu-50at%Ni合金層の電気抵抗率を測定するために、厚さ50nmのCu-50at%Ni合金膜を形成した。この合金膜の電気抵抗率は $65/10^8 \Omega\text{m}$ であった。また、厚さ50nmのCuの電気抵抗率は $9/10^8 \Omega\text{m}$ であった。これらの結果より、本発明の多層膜では、結晶系制御層の電気抵抗率が高く、電流が結晶系制御層に流れにくくなったために、磁気抵抗変化率が高くなったものと考えられる。

【0016】本発明の構造は、三層の磁性層を含む多層膜にも応用できる。すなわち、図2のように、基板21上に厚さ5nmのHfからなる結晶性制御層22を形成し、さらに、厚さ5nmのCu-50at%Ni合金からなる結晶系制御層23、厚さ10nmのFe-40at%Mn合金からなる反強磁性層24を形成した。磁性層25および磁性層33には、厚さ3nmのNi-16at%Fe-18at%Co合金を用いた。磁性層29には、厚さ8nmのNi-16at%Fe-18at%Co合金を用いた。磁性層26および磁性層32には、厚さ2nmのCoを用いた。磁性層28および磁性層30には、厚さ1nmのCoを用いた。また、非磁性層27および非磁性層31には、厚さ2.5nmのCuを用いた。また、反強磁性層34にも、厚さ10nmのFe-40at%Mn合金層を用いた。この多層膜の磁気抵抗変化率は7.5%であった。

【0017】本実施例では、結晶系制御層としてCu-50at%Ni合金層を用いたが、本発明の目的からはMn系反強磁性層を面心立方構造とし、電気抵抗率の高い材料であれば、結晶系制御層として用いることができる。電流の分流の観点からは、多層膜の主な構成要素である磁性層よりも高い電気抵抗率を有する材料が好ましい。

【0018】また、本実施例では、結晶性制御層12または22としてHfを用いたが、Ti, Zr, V, Nb, Taから選ばれる金属、あるいは、Ti, Zr, H

f, V, Nb, Ta相互の合金、あるいは、上記金属を主成分とする合金を用いても、結晶系制御層の結晶配向性が(111)となり、結晶系制御層上に形成したMn系反強磁性層を面心立方構造とすることができる。

【0019】また、本実施例では、磁性層として、Ni-Fe-Co系合金層とCo層との積層体を用い、非磁性層と接触している磁性層をCo層とした。これは、多層膜の磁気抵抗変化率を高くするためである。しかし、特に磁性層の軟磁気特性を重視する場合は、磁性層としてNi-Fe系合金層、あるいは、Ni-Fe-Co系合金層を用いることが好ましい。また、Co層の代わりに、Coを主成分とする合金層を用いることもできる。

【0020】また、本実施例では、Mnを含む反強磁性層として、Fe-Mn系合金層を用いたが、他のMn系合金を用いても良い。他のMn系合金は、Mn-Ir系合金層、Co-Mn系合金層、Co-Mn-Pt系合金層、Ni-Mn系合金層、Ni-Mn-Cr系合金層、Cr-Mn系合金層、Cr-Mn-Pt系合金層などが好ましい。

【0021】また、本実施例では、非磁性層として、Cuを用いたが、電気抵抗率の低い、Au, Agを用いても同様の結果が得られる。しかし、磁性層として3d遷移金属を用いる場合には、磁性層とのフェルミ面のマッチングの観点から、非磁性層はCuであることが好ましい。

【0022】(実施例2)前述のように、面心立方構造を有し、電気抵抗率の高い材料であれば、結晶系制御層として用いることができる。しかし、Mn系反強磁性層の結晶の形を制御する目的からは、結晶系制御層はMn系反強磁性層とはほぼ同じ格子定数を有することが好ましい。CuおよびNiは面心立方格子を有し、さらに、これらの合金は電気抵抗率が高い。このような条件から、結晶系制御層はCu-Ni系合金が好ましい。

【0023】図3に厚さ50nmのCu-Ni系合金膜の電気抵抗率のNi濃度依存性を示す。試料は、実施例1と同様の方法で形成した。図のように、Ni濃度が50at%近傍の時に、Cu-Ni系合金膜の電気抵抗率が高くなる。Ni濃度が30~75at%の時に、Cu-Ni系合金膜の電気抵抗率は、 $40/10^8 \Omega\text{m}$ 以上になる。また、Ni濃度が46~59at%の時に、Cu-Ni系合金膜の電気抵抗率は、 $60/10^8 \Omega\text{m}$ 以上になる。

【0024】(実施例3)本発明の多層膜を用いた磁気抵抗効果素子を形成した。本実施例では、実施例1で述べた三層の磁性層を有する多層膜を用いた。図4に磁気抵抗効果素子の構造を示す。磁気抵抗効果素子は、多層磁気抵抗効果膜51および電極52をシールド層53、54で挟んだ構造を有する。磁気抵抗効果素子に磁界を印加し、電気抵抗率の変化を測定したところ、本発明の多層磁気抵抗効果膜を用いた磁気抵抗効果素子は、1.

$6\text{ kA/m}$  (200e)程度の印加磁界で7.1%の磁気抵抗変化率を示した。また、本発明の磁気抵抗効果素子の再生出力は、Ni-Fe単層膜を用いた磁気抵抗効果素子と比較して3.4倍であった。

【0025】(実施例4)図5に実施例3で述べた磁気抵抗効果素子を用いて作製した磁気ヘッドの構造を示す。本図は、記録再生分離型ヘッドの一部分を切断した場合の斜視図である。多層磁気抵抗効果膜61をシールド層62、63で挟んだ部分が再生ヘッドとして働き、コイル64を挟む下部磁極65、上部磁極66の部分が記録ヘッドとして働く。また、電極68には、Cr/Cu/Crという多層構造の材料を用いた。

【0026】以下にこのヘッドの作製方法を示す。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・TiCを主成分とする焼結体をスライダ用の基板67とした。シールド層62、63、記録磁極65、66にはスパッタリング法で形成したNi-Fe合金を用いた。各磁性膜の膜厚は、以下のようにした。上下のシールド層62、63は1.0  $\mu\text{m}$ 、下部磁極65、上部66は3.0  $\mu\text{m}$ 、各層間のギャップ材(図示せず)としてはスパッタリングで形成したAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いた。ギャップ層の膜厚は、シールド層と磁気抵抗効果素子間で0.2  $\mu\text{m}$ 、記録磁極間では0.4  $\mu\text{m}$ とした。さらに再生ヘッドと記録ヘッドの間隔は約4  $\mu\text{m}$ とし、このギャップもAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成(図示せず)した。コイル64には膜厚3  $\mu\text{m}$ のCuを使用した。

【0027】この構造の磁気ヘッドで記録再生を行ったところ、Ni-Fe単層膜を用いた磁気ヘッドと比較して、3.2倍高い再生出力を得た。これは、本発明の磁気ヘッドに高磁気抵抗効果を示す多層膜を用いたためと考えられる。

【0028】また、本発明の磁気抵抗効果素子は、磁気ヘッド以外の磁界検出器にも用いることができる。

【0029】(実施例5)実施例4で述べた本発明の磁気ヘッドを用い、磁気ディスク装置を作製した。装置の構造を図6に示す。磁気記録媒体71には、残留磁束密度0.75TのCo-Ni-Pt-Ta系合金からなる材料を用いた。磁気ヘッド73のトラック幅は2.5  $\mu\text{m}$ とした。ここで、74はヘッド駆動部、75は再生信号処理系を示す。磁気ヘッド73における磁気抵抗効果素子は、再生出力が高いため、信号処理に負担をかけない高性能磁気ディスク装置が得られた。

【0030】

【発明の効果】磁性層/非磁性層/磁性層/Mn系反強磁性層/結晶系制御層/結晶性制御層/基板という構造を有する多層膜、あるいは、Mn系反強磁性層/磁性層/非磁性層/磁性層/非磁性層/磁性層/Mn系反強磁性層/結晶系制御層/結晶性制御層/基板という構造を有する多層膜において、結晶系制御層として電気抵抗率が高く、面心立方構造を有する材料を用いた。この構造により、Mn系反強磁性層は、室温で反強磁性層を示す

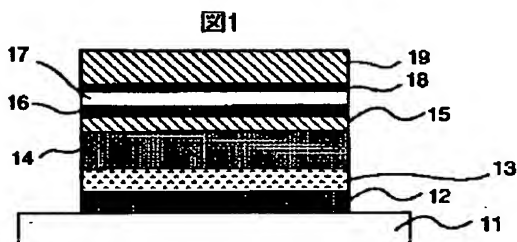
結晶構造となり、また、結晶系制御層の電気抵抗率が高いために、結晶系制御層に電流が流れにくく、その結果、高い磁気抵抗変化率を示す多層膜を得ることができた。さらに、上記多層磁気抵抗効果膜は、磁気抵抗効果素子、磁界センサ、磁気ヘッドなどに好適である。また、磁気ヘッドを用いることにより、高性能磁気記録再生装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

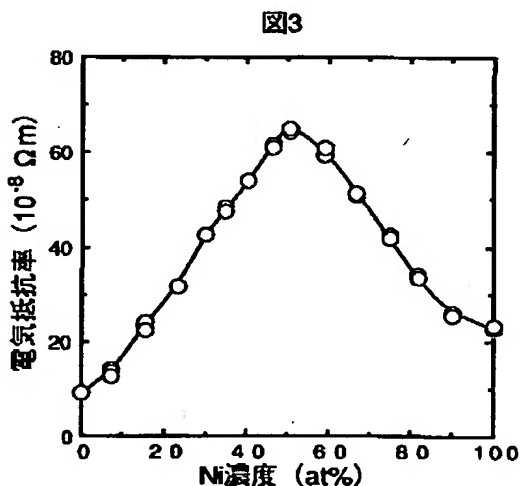
【図1】本発明の二層の磁性層を有する多層磁気抵抗効果膜の断面図。

【図2】本発明の三層の磁性層を有する多層磁気抵抗効果膜の断面図。

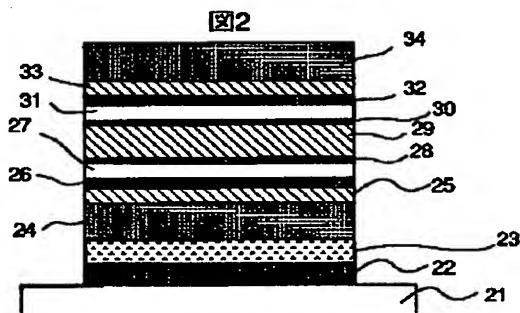
【図1】



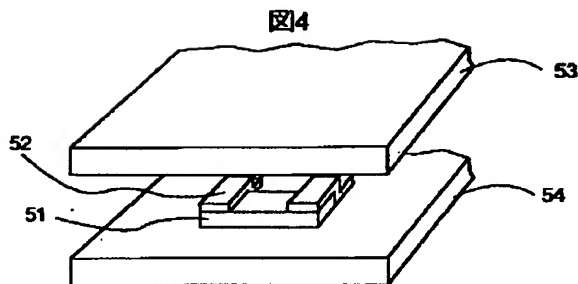
【図3】



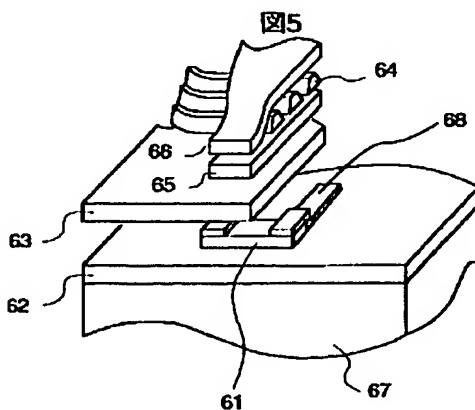
【図2】



【図4】



【図5】



果膜の断面図。

【図3】Cu-Ni系合金膜のNi濃度と電気抵抗率との関係を示す特性図。

【図4】本発明の多層磁気抵抗効果膜を用いた磁気抵抗効果素子の構造を示す斜視図。

【図5】本発明の磁気ヘッドの構造を示す斜視図。

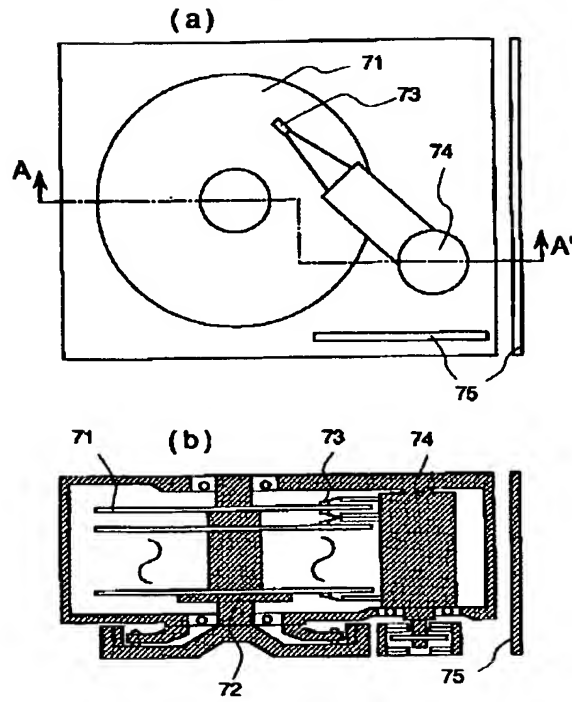
【図6】本発明の磁気ディスク装置の説明図。

【符号の説明】

11…基板、12…結晶性制御層、13…結晶系制御層、14…反強磁性層、15、16、18、19…磁性層、17…非磁性層。

【図6】

図6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**